

소아에서 Color Doppler 심에코도를 이용한 폐정맥 혈류에 관한 연구

이화대학교 의과대학 소아과학교실

홍 영 미

= Abstract =

Pulmonary Venous Flow Pattern by Color Doppler Echocardiography in Childhood

Young Mi Hong, M.D.

Department of Pediatrics, College of Medicine, Ewha Womans University, Seoul, Korea

Background : Biphasic or triphasic or quadriphasic pattern of pulmonary venous flow has been described by color Doppler echocardiography in normal subjects. Absolute velocity measurements varied with the position of the probe in relation to the pulmonary vein. The purpose of this study is to evaluate the normal pulmonary venous flow pattern and compare the data according to age, body weight, height and body surface area.

Method : 244 normal children underwent transthoracic echocardiography from December 1992 to July 1993. Age ranged from newborns to 13 years. From the apical four chamber view, pulmonary venous flow velocity and integral were obtained.

Results : Quadriphasic pulmonary flow pattern(early systolic flow, late systolic flow, diastolic flow, atrial reversal flow) was identified. Pulmonary venous peak flow velocity was not different according to increasement of age, body weight, height or body surface area. But pulmonic flow integral was significantly increased according as increasement of age, body weight, height, or body surface area.

Conclusion : Transthoracic color Doppler echocardiography is a good noninvasive diagnostic tool to evaluate pulmonary venous flow pattern in children.

KEY WORDS : Color doppler echocardiography • Pulmonary venous flow pattern.

서 론

폐정맥 혈류는 층류(laminar flow)이고 박동성이 있으며 단계 양상을 띠우며 좌심방압, 승모판막 기능과 좌심실 탄성과 관계가 있다¹⁻⁷⁾. 경흉 심초음파가 폐정맥 입구와 좌심방사이의 거리가 멀어서 이로 인한 영상의 소실과 도플러 신호의 약화로

영유아를 제외한 환자에서 제한을 받고 있고, 최근 경식도 심에코도의 발달로 좌심방으로 들어가는 폐정맥의 매우 좋은 시각적 영상을 제공한다⁸⁾. 승모판 혈류와 함께 폐정맥 혈류를 측정함으로써 좌심실 기능을 비관혈적으로 평가할 수 있다⁹⁾.

최근에 승모판 역류¹⁰⁻¹¹⁾, 제한성 심근질환⁴⁾, 협착성 심막염¹²⁻¹³⁾, 확장성 심근병증³⁾, 부정맥¹⁴⁻¹⁵⁾,

폐정맥 폐쇄¹⁶⁻¹⁸⁾ 등을 포함한 여러 질환에서 폐정맥 혈류에 대한 연구가 활발하다.

이에 저자는 Color Doppler 심에코도를 이용하여 정상 소아에서 폐정맥혈류를 측정하여 비정상적인 심장 기능을 가진 선천성 심질환과 비교할 수 있는 기준을 삼고자 본 연구를 시행하였다.

대상 및 방법

1. 대 상

1992년 12월부터 1993년 7월까지 심질환이 없는 정상 신생아부터 13세까지의 소아 244명을 대상으로 하였다. 연령별 분포를 보면 생후 1일째 신생아 45명, 생후 1달 이내의 신생아 48명, 1달 이상 1세 미만 영아 48명, 1세 이상 3세 미만 소아 64명, 3세 이상 6세 미만 소아 28명, 6세 이상 13세 미만 11명이었다(Table 1).

2. 방 법

Hewlett-Packard®사의 77025 A 경흉 심에코도로 3.5, 5, 7.5 MHZ 근초점 및 원초점 변환기를 사용하여 수면 상태나 안정된 상태에서 검사를 시행하였다. Apical four chamber view에서 Color Doppler를 사용하여 우상폐정맥이 잘 보이도록 하였으며, 표본용적은 우상 폐정맥 입구에 놓고 Doppler echo beam이 혈류 방향과 평행하게 위치하도록 하였으며 각도 교정은 하지 않았다.

폐정맥 최고 혈류 속도와 혈류적분을 구하였고, 각 대상아에서 연령, 체중, 신장, 체표면적을 구하였고, 이들에 따른 상관관계를 보기 위해 직선회귀 방정식과 상관계수를 구하였다. 통계처리는 t test를 이용하였다.

Table 1. Age distribution

Age	Number
1 day	45
<1 month	48
1-12 months	48
1-3 years	64
3-6 years	28
6-13 years	11
Total	244

결 과

1. 폐정맥 혈류파

심전도의 Q파가 시작되면서 수축기 동안에 초기 수축기파, 후기 수축기파, 확장기 동안에 확장기파 등의 세 전방혈류를 관찰할 수 있었고, 심방수축 동안에 역류되는 후방혈류를 관찰하였다(Fig. 1).

2. 연령에 따른 폐정맥 혈류속도(Table 2)

1) 초기 수축기 혈류속도

생후 1일에 36.90cm/sec, 생후 1달 미만의 신생아에서 37.96cm/sec, 생후 1달에서 1세 미만에 37.80 cm/sec, 생후 1세에서 3세 미만에 36.51cm/sec, 생후 3세에서 6세 미만에 37.42cm/sec, 생후 6세에서 13세 미만에 31.69cm/sec 으로 연령에 따른 초기 수축기 혈류속도의 유의한 차이가 없었다.

2) 후기 수축기 혈류속도

생후 1일에 45.26cm/sec, 생후 1달 미만에 50.18 cm/sec, 생후 1달에서 1세 미만에 49.96cm/sec, 생후

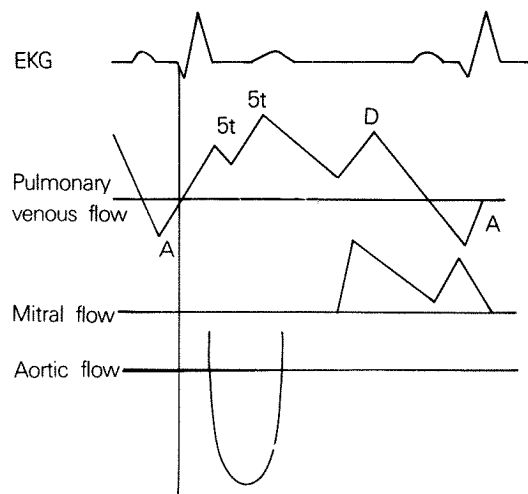


Fig. 1. Relationship between pulmonary venous, mitral and aortic flow.

SE : early systolic flow peak velocity

SL : late systolic flow peak velocity

D : diastolic flow peak velocity

A : atrial wave peak velocity

EKG : electrocardiogram

Table 2. Pulmonary vein velocities according to age(Mean±SD)

Age	Peak S _E (cm/s)	Peak S _L (cm/s)	Peak D(cm/s)	Peak A(cm/s)	S/D	D/A
1 day	36.90±13.23	45.26±15.29	48.47±14.10	16.06±4.88	1.02±0.31	3.33±1.30
<1 month	37.96±12.03	50.18±14.01	45.20±10.52	18.36±6.57	1.19±0.33	2.71±0.92
1-12 months	37.80±10.62	49.96±11.05	48.05±9.01	20.55±6.68	1.19±0.29	2.53±0.84
1-3 years	36.51±10.62	47.90±9.47	49.12±8.25	20.07±5.62	1.04±0.27	2.61±0.78
3-6 years	37.42±10.11	50.22±10.74	53.21±11.65	20.22±4.71	1.28±1.44	2.78±0.89
6-13 years	31.69±7.86	52.44±6.93	46.16±14.38	20.35±3.93	1.30±0.56	2.21±0.72

1세에서 3세 미만에 47.90cm/sec, 생후 3세에서 6세 미만에 50.22cm/sec 이었고, 생후 6세에서 13세 사이에 52.44cm/sec 이었고, 연령에 따른 후기 수축기 혈류속도의 유의한 차이가 없었다.

3) 확장기 혈류속도

생후 1일에 48.47cm/sec, 생후 1달 미만에 45.20 cm/sec, 생후 1달에서 1세 미만에 48.05cm/sec, 생후 1세에서 3세 미만에 49.12cm/sec, 생후 3세에서 6세 사이에 53.21cm/sec, 생후 6세에서 13세 사이에 46.16cm/sec 이었고, 연령에 따른 확장기 혈류속도의 유의한 차이는 없었다.

4) 심방역류 혈류속도

생후 1일에 16.06cm/sec, 생후 1달 미만에 18.36 cm/sec, 생후 1달에서 1세 미만에 20.55cm/sec, 생후 1세에서 3세 미만에 20.07cm/sec, 생후 3세에서 6세 미만에 20.22cm/sec, 생후 6세에서 13세 미만에 20.35cm/sec 이었고, 연령에 따른 심방역류 혈류속도의 유의한 차이가 없었다.

5) 확장기 혈류속도에 대한 수축기 혈류속도비

생후 1일에 1.02, 생후 1달 미만에 1.19, 생후 1달에서 1세 미만에 1.19, 생후 1세에서 3세 미만에 1.04, 생후 3세에서 6세 미만에 1.28, 생후 6세에서 13세 미만에 1.30으로 연령에 따른 확장기 혈류속도에 대한 수축기 혈류속도비의 유의한 차이가 없었다.

6) 심방역류 혈류속도에 대한 확장기 혈류속도비

생후 1일에 3.33, 생후 1달 미만에 2.71, 생후 1달에서 1세 사이에 2.53, 생후 1세에서 3세 사이에 2.61, 생후 3세에서 6세 사이에 2.78, 생후 6세에서 13세 사이에 2.21로, 연령에 따른 심방역류 혈류

Table 3. Pulmonary vein integral according to age (Mean±SD)

Age	SFI(cm)	DFI(cm)	AWI(cm)
1 day	8.81±3.46	5.37±2.34	0.72±0.49
<1 month	8.78±2.66	4.23±1.17	0.77±0.49
1-12 months	9.78±2.61	5.43±1.57	1.44±0.64
1-3 years	10.10±2.24	5.57±1.59	1.71±0.69
3-6 years	10.97±2.05	7.68±2.17	1.64±0.60
6-13 years	12.40±2.12	6.80±3.35	2.07±0.65

SFI : systolic flow integral

DFI : diastolic flow integral

AWI : atrial wave integral

속도에 대한 확장기 혈류속도비의 유의한 차이가 없었다.

3. 연령에 따른 폐정맥 혈류 적분(Table 3)

1) 수축기 혈류적분

생후 1일에 8.81cm, 생후 1달 미만에 8.78cm, 생후 1달에서 1세 미만에 9.78cm, 생후 1세에서 3세 미만에 10.10cm, 생후 3세에서 6세 미만에 10.97cm, 생후 6세에서 13세 미만에 12.40cm로, 연령에 따른 폐정맥 혈류적분의 유의한 증가를 볼 수 있었다($r=0.316$, $P<0.01$), (Fig. 2).

2) 확장기 혈류적분

생후 1일에 5.37cm, 생후 1달 미만에 4.23cm, 생후 1달에서 1세 미만에 5.43cm, 1세에서 3세 미만에 5.57cm, 3세에서 6세 미만에 7.68cm, 생후 6세에서 13세 미만에 6.80cm로, 연령의 증가에 따른 확장기 혈류적분의 유의한 증가가 있었다($r=0.418$, $P<0.01$), (Fig. 6).

3) 심방 혈류적분

생후 1일에 0.72cm, 생후 1달 미만에 0.77cm, 생후 1달에서 1세 미만에 1.44cm, 생후 1세에서 3세 미

만에 1.71cm, 생후 3세에서 6세 미만에 1.64cm, 생후 6세에서 13세 사이에 2.07cm로, 연령의 증가에 따른 심방 역류 혈류적분의 유의한 증가가 있었다($r=0.395$, $P<0.01$), (Fig. 10).

4. 체중에 따른 폐정맥 혈류적분

1) 수축기 혈류적분

체중의 증가에 따라 수축기 혈류적분이 유의하게 증가하였다($r=0.357$, $P<0.01$), (Fig. 3)

2) 확장기 혈류적분

체중의 증가에 따라 확장기 혈류적분이 유의하게 증가하였다($r=0.427$, $P<0.01$), (Fig. 7)

3) 심방 혈류적분

체중의 증가에 따라 심방 혈류적분이 유의하게 증가하였다($r=0.482$, $P<0.01$), (Fig. 11)

5. 신장에 따른 폐정맥 혈류적분

1) 수축기 혈류적분

신장의 증가에 따라 수축기 혈류적분이 유의하게 증가하였다($r=0.351$, $P<0.01$), (Fig. 4).

2) 확장기 혈류적분

신장의 증가에 따라 확장기 혈류적분이 유의하게 증가하였다($r=0.436$, $P<0.01$), (Fig. 8).

3) 심방 혈류적분

신장의 증가에 따라 심방 혈류적분이 유의하게 증가하였다($r=0.532$, $P<0.01$), (Fig. 12).

6. 체표면적에 따른 폐정맥 혈류적분

1) 수축기 혈류적분

체표면적의 증가에 따라 수축기 혈류적분이 유의하게 증가하였다($r=0.359$, $P<0.01$), (Fig. 5).

2) 확장기 혈류적분

체표면적의 증가에 따라 확장기 혈류적분이 유의하게 증가하였다($r=0.44$, $P<0.01$), (Fig. 9).

3) 심방 혈류적분

체표면적의 증가에 따라 심방 혈류적분이 유의하게 증가하였다($r=0.512$, $P<0.01$), (Fig. 13).

고 안

폐정맥 혈역학에 영향을 미치는 요소로는 폐혈관을 통해 전달되는 우심실압은 거의 관계하지 않고 좌심방압, 승모판막 기능, 좌심실 탄성과 관계가 있다¹⁻⁷⁾. 승모판막 혈류와 함께 폐정맥 혈류를 측정하므로 좌심실 기능을 비관혈적으로 평가할 수 있다⁹⁾.

저자들마다 다른 폐정맥 혈류 양상을 보고하고 있다. 경흉 심에코도를 이용하여 정상성인에서 수축기와 이완기에 각각 다른 전방혈류의 두 단계의 혈류양상을 보고하였고^{2,3,7,19,20)}, Smallhorn 등²¹⁾은 정상소아의 63% (26/41)에서 심실 수축기와 이완기 동안에 두 단계의 전방혈류를, 37% (15/41)에서 세 단계의 전방혈류를, 88% (36/41)에서 심방수축시 역류 혈류 등을 포함한 4단계의 혈류 양상을 보고하였다.

본 연구 결과도 Castello^{10,22)} 등의 결과와 마찬가지로 세 단계의 전방혈류와 심방수축시 역류를 포함한 네 단계의 폐정맥 혈류양상을 관찰할 수 있었다.

초기 수축기 혈류는 이완기 끝에 심방 이완에 의한 좌심방압의 감소로 인하여 생기고, 후기 수축기 혈류는 심실수축 동안 좌심실침으로 승모판막의 전위로 인해 좌심방 면적의 증가와 연속적인 좌심방압의 감소를 초래하고, 폐정맥에서 좌심실로 혈류의 증가를 초래한다.

이완기 전방혈류는 승모판막이 열린 후에 좌심방에서 좌심실로 혈류가 움직임에 따라 좌심방압의 감소로 인해 일어난다^{2,3)}. 심방 수축은 승모판막을 가로지르는 전방혈류와 폐정맥으로의 역류를 초래한다.

폐정맥 혈류 속도도 저자들마다 다른 결과들을 보고하고 있다. Castello 등은²²⁾ 24명의 정상 성인에서 경식도 심에코도로 측정한 폐정맥 수축기 혈류속도는 50~60cm/sec, 확장기 혈류 속도는 41~44cm/sec, 심방수축기 혈류속도는 11~15cm/sec, 수축기 혈류적분은 11~15cm, 확장기 혈류적분은 7.8~8.5cm, 심방 수축기 혈류적분은 1.8~2cm 임을

보고하였다. 경흉 심에코도로 측정된 결과와 커다란 차이가 없었다.

Wang 등²³⁾은 정상 성인에서 경흉 심에코도로 측정된 우상 폐정맥 혈류속도가 35.7cm/sec 임을 발표하였고, 설 등²⁴⁾이 소아에서 측정된 폐정맥 수축기 혈류속도는 45.9cm/sec, 확장기 혈류 속도는 50.8cm/sec 이었다.

본 연구에 의하면 초기 수축기 혈류 속도는 신생아에서 36.90cm/sec, 1~3세에 36.51cm/sec, 6~13세에 31.69cm/sec 으로 연령에 따른 유의한 차이가 없었고, 후기 수축기 혈류 속도는 45.26~52.44 cm/sec의 범위였으며, 또한 연령에 따른 유의한 차이가 없었다. 확장기 혈류 속도는 45.20~53.21 cm/sec의 범위였으며 연령에 따른 유의한 차이는 관찰할 수 없었다. 심방수축 혈류 속도는 16.06~20.55cm/sec의 범위를 보였고 또한 연령에 따른 유의한 차이는 없었다. 폐정맥 혈류적분은 본 연구에 의하면 연령의 증가에 따라 수축기, 확장기, 심방 혈류적분이 증가함을 알 수 있었다. 연령 외에 체중, 신장, 체표면적이 증가할 수록 폐정맥 혈류적분이 증가함을 관찰할 수 있었다.

확장기에 대한 수축기 혈류속도비는 Castello 등²²⁾은 1.2~1.4, 본 연구에서는 1.02~1.30으로, 1이상인 경우는 정상이라고 할 수 있다^{8,22)}. 심방수축기 혈류속도에 대한 확장기 혈류속도비는 Castello 등²²⁾은 1.9~2.5를 보고 하였으나 본 연구결과는 2.21~3.33의 범위이었다.

저자들마다 다른 폐정맥혈류 양상은 폐정맥 입구와 소식자(probe)의 위치 때문이다. 표본 용적을 좌심방쪽으로 이동함에 따라 폐정맥 혈류 파형은 세 정점에서 두 정점으로 변하면서 수축기 혈류속도가 점차로 감소한다. 따라서 좀 더 정확한 혈류속도를 얻기 위해서는 폐정맥 입구 부위에서 0.5~1cm 부위에서 혈류속도를 측정하는 것이 좋다²²⁾. 폐정맥 혈류는 깊은 호흡시는 표본용적의 위치 이동에 따라 폐정맥 혈류양상이 바뀔 수 있으나 얇은 호흡시는 호흡주기에 따라 폐정맥 혈류속도의 차이가 없다고 하였다²¹⁾. Gad등²⁵⁾은 폐정맥 혈류를 측정할 때 각도 교정을 하였지만 Smallhorn 등²¹⁾은 각도 교정을 하는 것이 폐정맥 일부만 영상화되기 때문에 의미가 없다고 하였다. Smallhorn 등²¹⁾은 경흉 심에코도로 four chamber view가 우상 폐정맥

혈류의 양적 평가를 위해 가장 좋다고 하였다. 본 연구에서도 폐정맥 혈류방향과 Doppler echo beam이 일치하도록 apical four chamber view로 우상 폐정맥에서 측정하였다. Castello 등²²⁾은 경식도 심에코도로는 우폐정맥은 혈류방향이 echo beam과 평행하지 못하기 때문에 좌상폐정맥에서 측정하는 것이 혈류속도가 더 높다고 하였다.

폐정맥 혈류 이상이 승모판 역류^{11,26)}, 제한성 심근 질환⁴⁾, 협착성 심막염^{12,13)} 확장성 심근병증³⁾, 심방성 세동과 같은 부정맥^{14,15)}, 폐정맥 폐쇄¹⁶⁻¹⁸⁾ 등을 포함한 여러 질환에서 기술되었다. Klein 등²⁷⁾은 승모판 폐쇄부전시 93%에서 수축기시 폐정맥 혈류의 역류를 관찰하였고, 이로써 승모판 폐쇄부전의 심각도를 예측할 수 있고, 양적 평가에 매우 중요하다고 하였다. 심한 승모판 역류시 확장기 혈류속도에 대한 수축기 혈류속도비는 1 이하이었다²⁸⁾. Pearson 등¹¹⁾도 심한 승모판 역류시 수축기 혈류속도는 감소하고 확장기 혈류속도는 증가한다고 하였다. Fraser 등²⁹⁾과 Klein 등³⁰⁾은 비정상적인 폐정맥 혈류는 승모판막 교정후에 정상화된다고 하였다. Orihashi 등³¹⁾은 제한성 심근병증시 호흡 주기 동안 폐정맥 수축기 혈류속도는 매우 저하되고 확장기 혈류속도는 수축기 혈류속도 보다 더 높다고 하였다.

Karen 등²⁾은 심방수축이 없는 심방성 세동과 동방정지(Sinoatrial standstill) 환자에서 심실 수축기 동안 폐정맥 혈류는 매우 작거나 없어 이완기에 한 단계 혈류만 관찰 된다고 하였다.

경흉 심초음파는 폐정맥 입구부위와 좌심방 사이의 거리가 멀고, 이로 인한 영상의 소실과 도플러 신호의 약화는 영유아를 제외한 대부분의 환자에서 진단의 제한을 받고 있다. 그러나 영유아를 비롯한 소아에서 경식도 심에코도 사용이 용이하지 않고, 5 MHZ의 원초점 변환기를 사용하여 Color Doppler 심에코도로 폐정맥 혈류 측정이 가능하고, 연장아에서도 5 MHZ의 원초점 변환기를 사용할 때 해상력을 높일 수 있었다.

경흉 심에코도로 진단이 부적절한 경우에만 경식도 심에코도의 사용이 필요하리라 생각된다.

본 연구는 폐정맥 혈류이상이 관찰되는 여러 심질환과 비교할 수 있는 정상치로서 매우 도움이 되리라 생각되고, 승모판 역류, 심근 질환, 부정맥

에서의 폐정맥 혈류분석이 더욱 더 연구되어야 될 것으로 생각한다.

요 약

연구배경 :

Color Doppler 심에코도로 정상인에서 이 단계, 세 단계, 또는 네 단계의 폐정맥 혈류가 관찰되었다. 측정치는 소식자의 위치와 폐정맥과의 관계에 따라 다양하다. 연구목적은 소아에서 경흉 심에코도로 정상 폐정맥 혈류 양상을 평가하고, 연령, 체중, 신장, 체표면적에 따라 그 결과를 비교하는 것이다.

방 법 :

244명의 정상 소아에서 1992년 12월부터 1993년 7월까지 경흉 심에코도를 시행하였다. 연령은 신생아부터 13세 사이였다. Apical four chamber view로 폐정맥 혈류속도와 적분을 측정하였다.

결 과 :

1) 네 단계의 폐정맥 혈류 양상(초기 수축기파, 후기 수축기파, 이완기파, 심방 역류파)이 관찰되었다.

2) 폐정맥 최고 혈류속도는 연령, 체중, 신장, 체표면적의 증가에 따라 유의한 차이가 없었다.

3) 폐정맥 혈류적분은 연령, 체중, 신장, 체표면적이 증가할수록 유의한 증가를 보였다.

결 론 :

경흉 Color Doppler 심에코도는 소아에서 폐정맥 혈류양상을 평가할 수 있는 좋은 진단적 비관혈적인 검사 방법으로 생각된다.

References

- 1) Karen G, Meisner JS, Sherez J, Yellin EL, Laniado S : *Inter-relationship of mid-diastolic mitral motion, pulmonary venous flow and transmitral flow. Circulation* 74 : 36-44, 1986
- 2) Karen G, Sherez J, Megidish R, Levitt B, Laniado S : *Pulmonary venous flow pattern, its relationship to cardiac dynamics : a pulsed Doppler echocardiographic study. Circulation* 71 : 1105-1112, 1985
- 3) Karen G, Sonnenblick EH, LaJemtel TH : *Mitral annulus motion : relation to pulmonary venous and*

transmitral flow in normal subjects and in patients with dilated cardiomyopathy. Circulation 78 : 621-629, 1988

- 4) Klein AL, Halte L, Burstow DJ, et al : *Doppler Characterization of left ventricular diastolic function in cardiac amyloidosis. J Am Coll Cardiol* 13 : 1017-1026, 1989
- 5) Klein AL, Burstow DJ, Taliencio CP, et al : *Effects of age on pulmonary venous flow velocities in normal subjects (abst). J Am Coll Cardiol* 13 : 50 A, 1989
- 6) Rajagopalan B, Friend JA, Stallard T, Lee G de J : *Blood flow in pulmonary veins : I. Studies in dog and man. Cardiovasc Res* 13 : 667-676, 1979
- 7) Rajagopalan B, Friend JA, Stallard T, Lee G de J : *Blood flow in pulmonary veins : II. The influence of events transmitted from the right to the left sides of the heart. Cardiovasc Res* 13 : 677-683, 1979
- 8) Klein AL, Obarski TP, Stewart WJ, Casale PN, Pearce GL, Husbands K, Cosgrove DM, Salcedo EE : *Transesophageal Doppler echocardiography of pulmonary venous flow : A new marker of mitral regurgitation severity. J Am Coll Cardiol* 18 : 518-526, 1991
- 9) Nishimura RA, Abel MD, Hatle LK, Tajik AJ : *Relation of pulmonary vein to mitral flow velocities by transesophageal Doppler echocardiography : effect of different loading conditions. Circulation* 81 : 1488-1497, 1990
- 10) Castello R, Pearson AC, Lenzen P, Labovitz AJ : *Effect of mitral regurgitation on pulmonary venous velocities derived from transesophageal echocardiography color-guided pulsed Doppler imaging. J Am Coll Cardiol* 17 : 1499-1506, 1991
- 11) Pearson AC, Castello R, Wallace PM, Labovitz AJ : *Effect of mitral regurgitation of pulmonary venous velocities derived transesophageal echocardiography(abst). Circulation* 80(Suppl II) : II-517, 1989
- 12) Shiovone WA, Calafiore PA, Salcedo EE : *Transesophageal Doppler echocardiographic demonstration of pulmonary venous flow velocity in restrictive cardiomyopathy and constrictive pericarditis. Am J Cardiol* 63 : 1286-1288, 1989
- 13) Shiovone WA, Calafiore PA, Currie PJ, Lytle BW : *Doppler echocardiographic demonstration of pulmonary venous flow velocity in three patients*

- with constrictive pericarditis before and after pericardiectomy. *Am J Cardiol* 63 : 145-147, 1989
- 14) Klein AL, Hatle L, Oh JK, et al : *Pulmonary venous flow patterns in cardiac amyloidosis(abst)*. *Clin Invest Med* 11 : 234, 1988
 - 15) Karen G, Bier A, Sherez J, Miura D, Keefe D, LeJemtel T : *Atrial contraction is an important determinant of pulmonary venous flow*. *J Am Coll Cardiol* 7 : 693-695, 1986
 - 16) Smallhorn JF, Burrows P, Wilson G, Coles J, Gilday DL, Freedom RM : *Two-dimensional and pulsed Doppler echocardiography in the postoperative evaluation of total anomalous pulmonary venous connection*. *Circulation* 76 : 298-305, 1987
 - 17) Vick GW III, Murphy DJ Jr, Ludomirsky A, et al : *Pulmonary venous and systemic ventricular inflow obstruction in patients with congenital heart disease : detection by combined two-dimensional and Doppler echocardiography*. *J Am Coll Cardiol* 9 : 580-587, 1987
 - 18) Cooper SG, Sullivan ID, Bull C, Taylor JFN : *Balloon dilation of pulmonary venous pathway obstruction after Mustard repair for transposition of the great arteries*. *J Am Coll Cardiol* 14 : 194-198, 1989
 - 19) Morkin E, Collins JA, Goldman HS, Fishman AP : *Pattern of blood flow in the pulmonary veins of the dog*. *J Appl Physiol* 20 : 1118-1128, 1965
 - 20) Guntheroth WG, Gould R, Butler J, Kinnen E : *Pulsatile flow in pulmonary artery, capillary, and vein in the dog*. *Cardiovasc Res* 8 : 330-337, 1974
 - 21) Smallhorn JF, Freedom RM, Olley PM : *Pulsed Doppler echocardiographic assessment of extraparenchymal pulmonary vein flow*. *J Am Coll Cardiol* 9 : 573-579, 1987
 - 22) Castello R, Pearson AC, Lenzen P, Labovitz AZ : *Evaluation of pulmonary venous flow by transesophageal echocardiography in subjects with a normal heart*. *J Am Coll Cardiol* 18 : 65-71, 1991
 - 23) Wang J, Deng Y, Wu Y, Wang X : *Pulmonary venous flow evaluated by Doppler echocardiography*. *Jpn Heart J* 1 : 55-63, 1989
 - 24) 설계환 · 손창성 · 이주원 · 김순겸 · 독고영창 : 선천성 좌우단락 심질환에서의 Pulsed Doppler 심에 코도에 의한 폐정맥 혈류분석. *소아과* 34 : 934-939, 1991
 - 25) Gad K, Sherez J, Megidish R, Levitt B, Laniado S : *Pulmonary venous flow pattern -its relationship to cardiac dynamics. A pulsed Doppler echocardiographic study*. *Circulation* 71 : 1105-1112, 1985
 - 26) Dixon SH, Nolan SP, Morrow AG : *Pulmonary venous blood flow : the effects of alteration in left atrial pressure, pulmonary arterial occlusion, and mitral regurgitation in the dog*. *Ann Surg* 174 : 944-949, 1971
 - 27) Klein AL, Obarski TP, Calafiore PC, Stewart WJ, Casale PN, Church G, et al : *Resersal of systolic flow in pulmonary veins by transesophageal Doppler echocardiography predics severity of mitral regurgitation*. *J Am Coll Cardiol* 15 : 74A, 1990
 - 28) Jain S, Moos S, Awad M, Fan PH, Helmcke F : *Assessment of mitral regurgitation severity using pulmonary venous flow by transesophageal color Doppler echocardiography*. *Circulation* 80 (Suppl II) II-571, 1989
 - 29) Fraser AG, Tuccillo B, Van der Borden S, Van Herwerden LA, Sutherland GR : *Pulmonary venous flow in mitral regurgitation and after successful valve reconstruction*. *J Am Coll Cardiol* 15 : 74 A, 1990
 - 30) Klein AL, Obarski TP, Husbands K, Stewart WJ, Cosgrove DM, et al : *Normalization of pulmonary venous flow after mitral valve repair surgery : an intraoperative transesophageal echo study*. *J Am Coll Cardiol* 15 : 74A, 1990
 - 31) Orihashi K, Goldiner PI, Oka Y : *Intraoperative assessment of pulmonary vein flow*. *Echocardiography* 7 : 261-271, 1990

□ 홍영미 사진부도 ① □

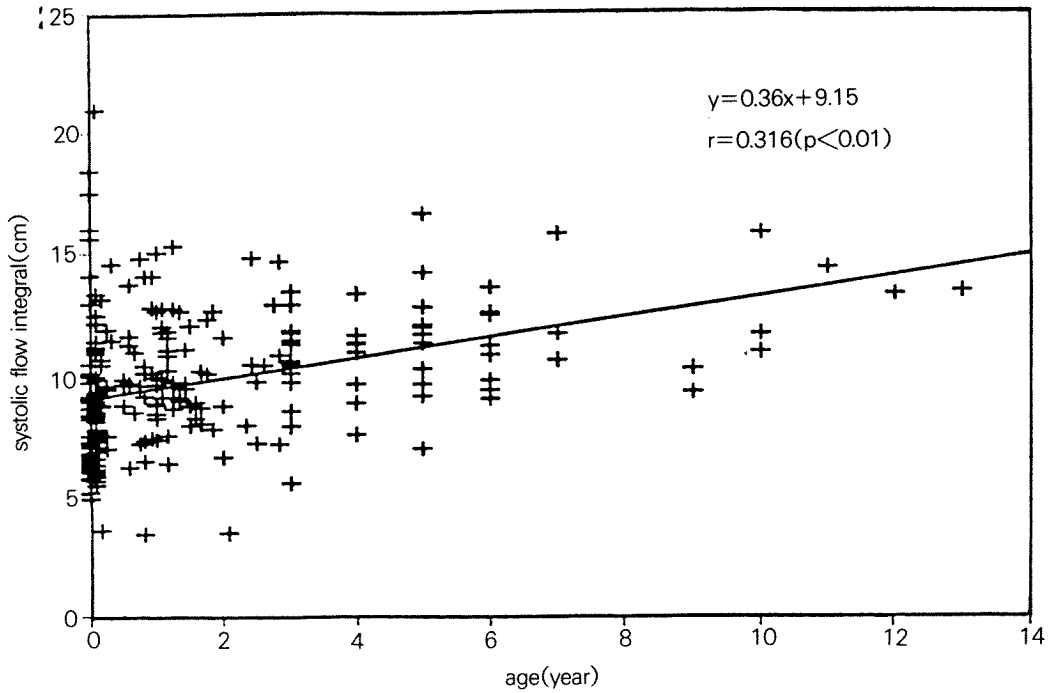


Fig. 2. Relationship between age and systolic flow integral.

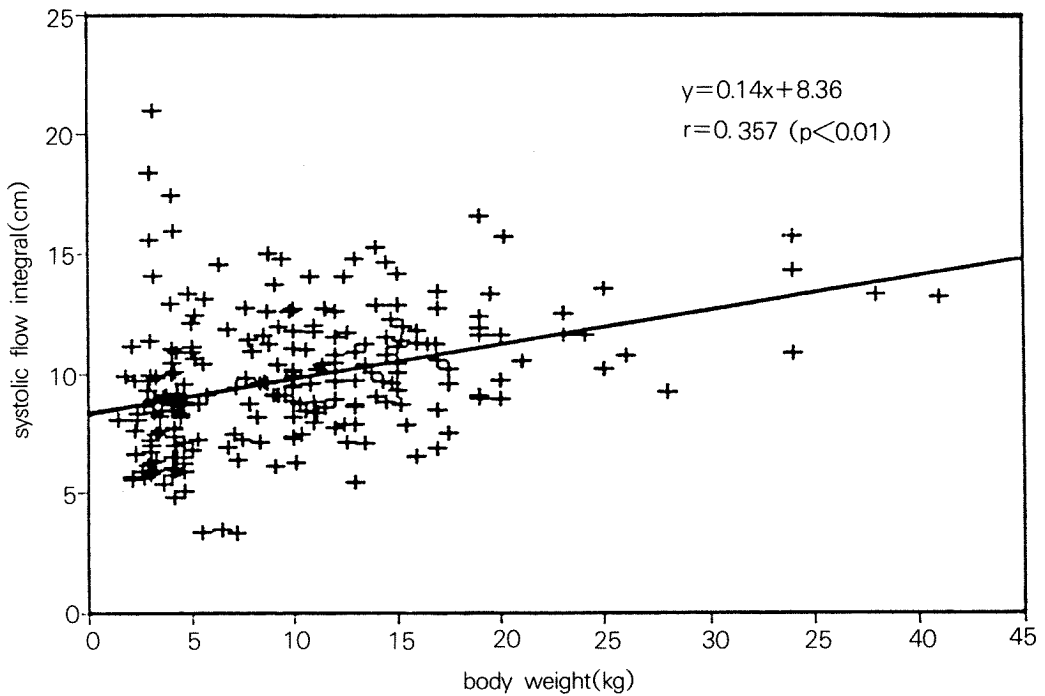


Fig. 3. Relationship between body weight and systolic flow integral.

□ 흥영미 사진부도 ② □

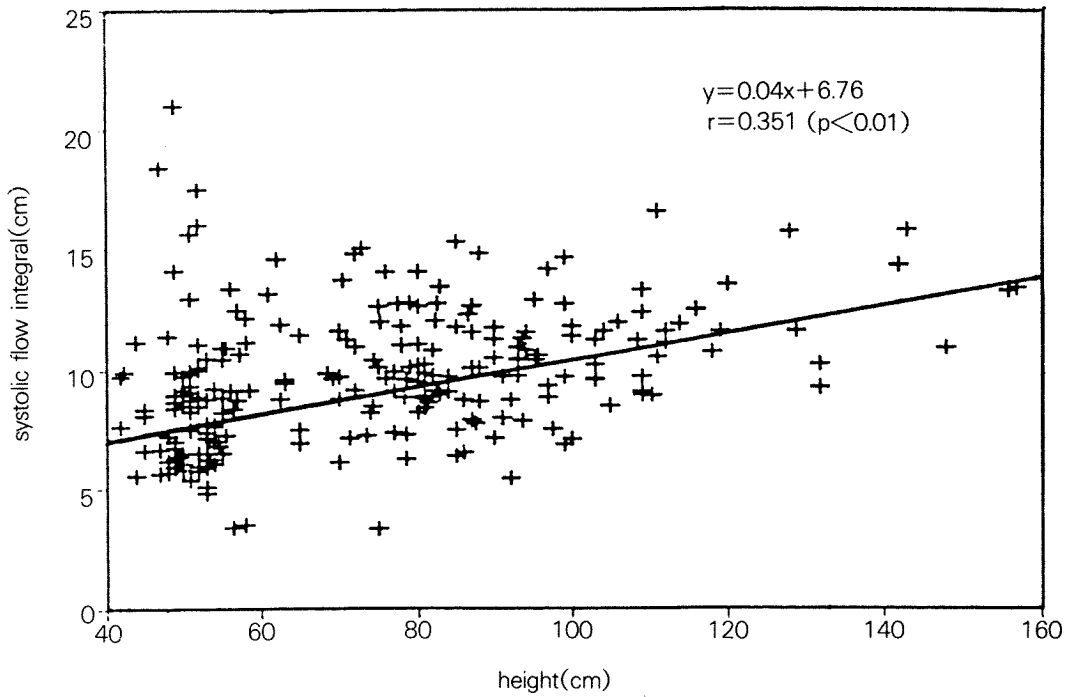


Fig. 4. Relationship between height and systolic flow integral.

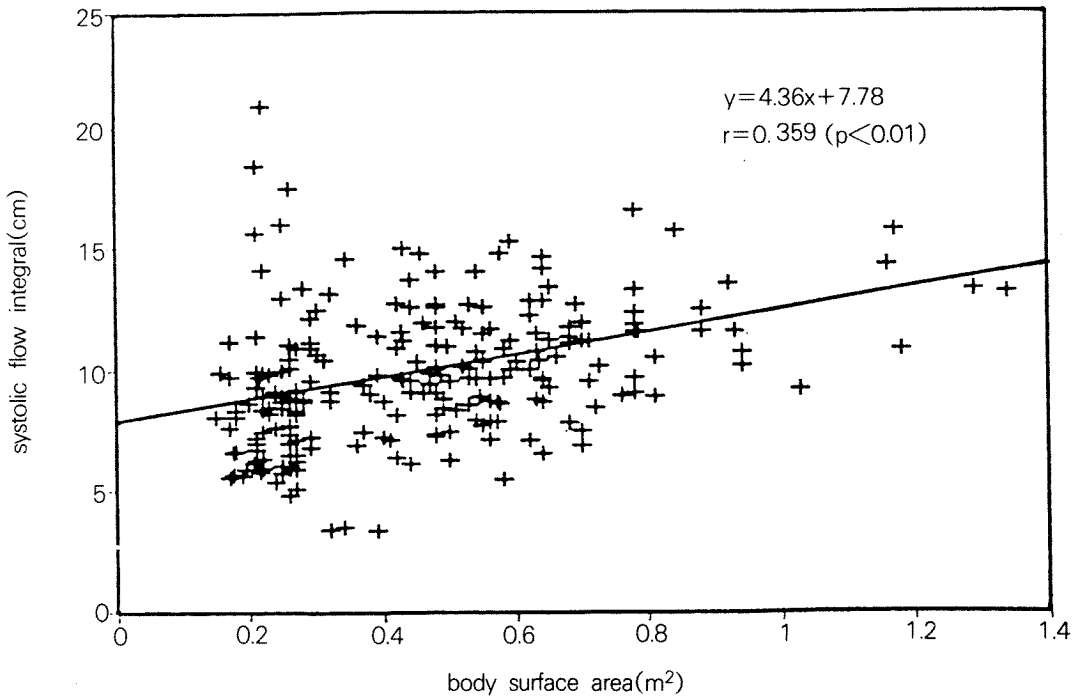


Fig. 5. Relationship between body surface area and systolic flow integral.

□ 홍영미 사진부도 ③ □

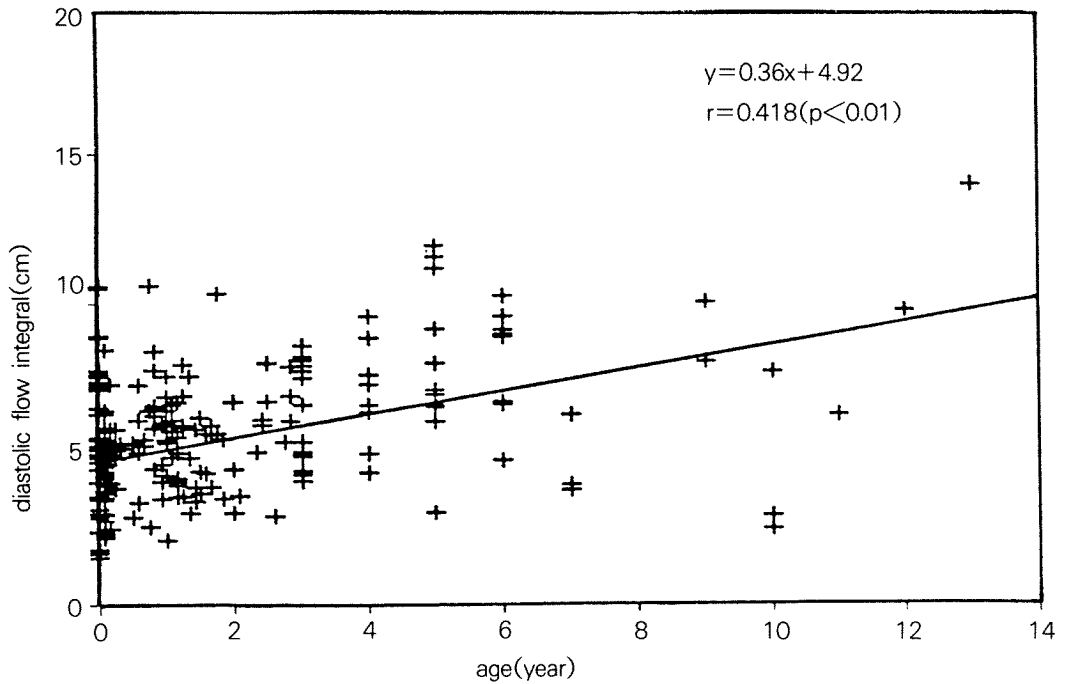


Fig. 6. Relationship between age and diastolic flow integral.

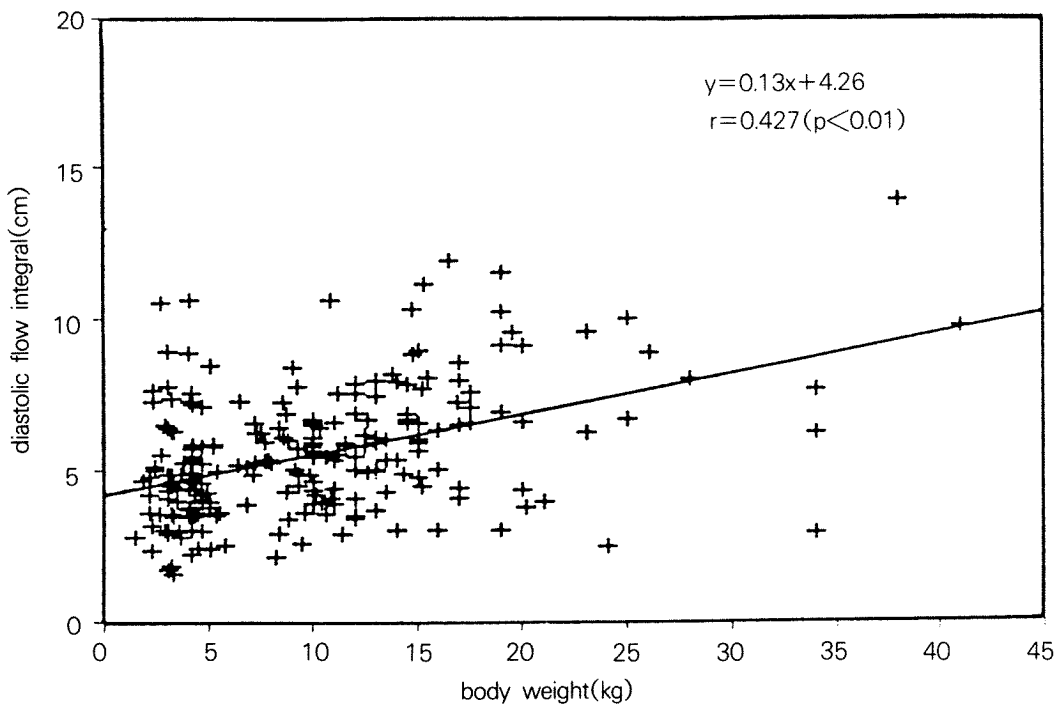


Fig. 7. Relationship between body weight and diastolic flow integral.

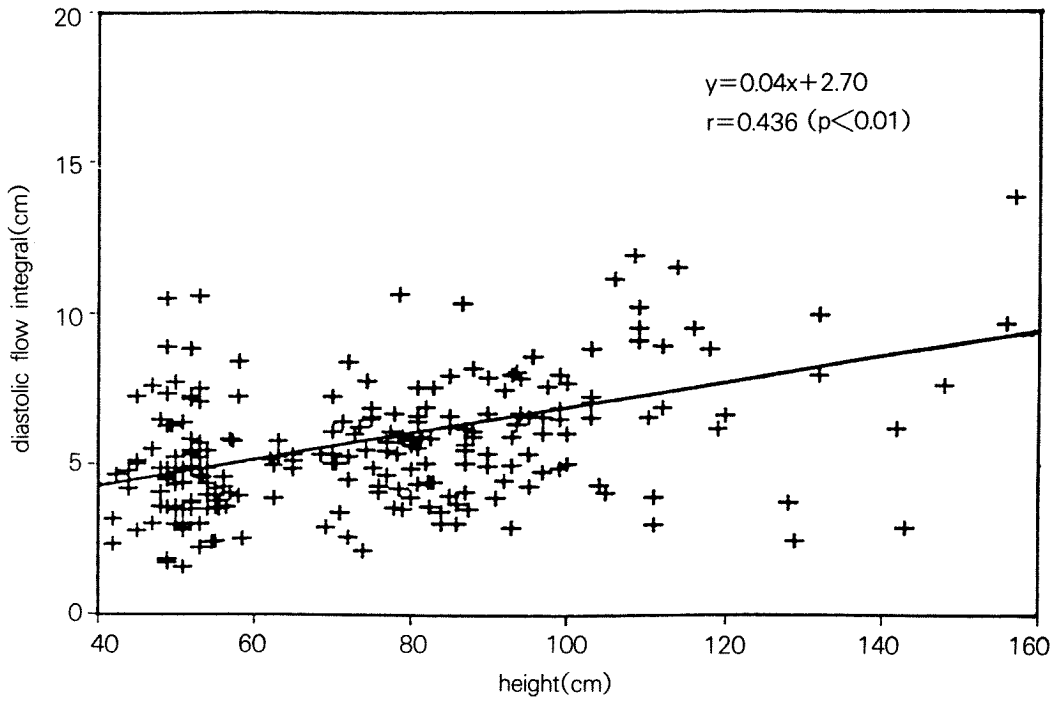


Fig. 8. Relationship between height and diastolic flow integral.

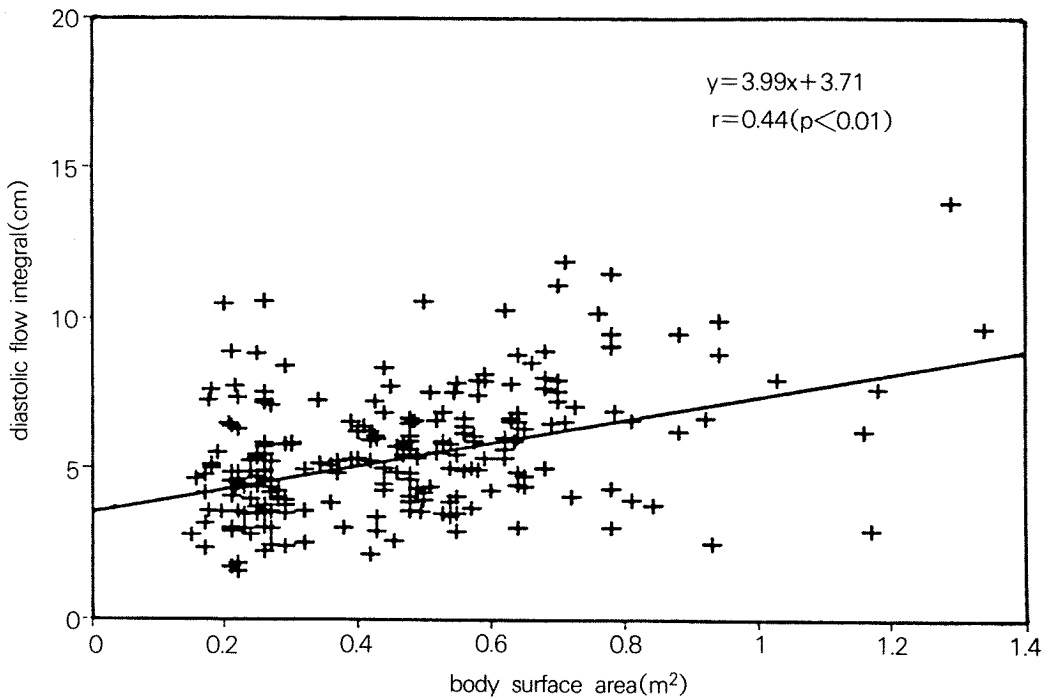


Fig. 9. Relationship between body surface area and diastolic flow integral.

□ 홍영미 사진부도 ⑤ □

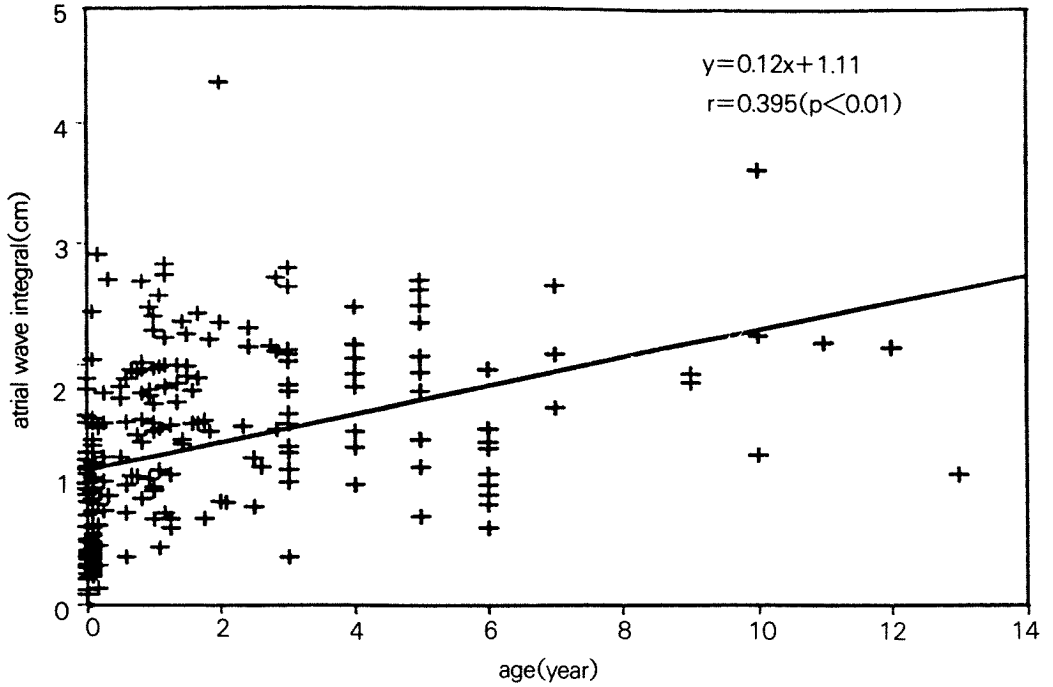


Fig. 10. Relationship between age and atrial wave integral.

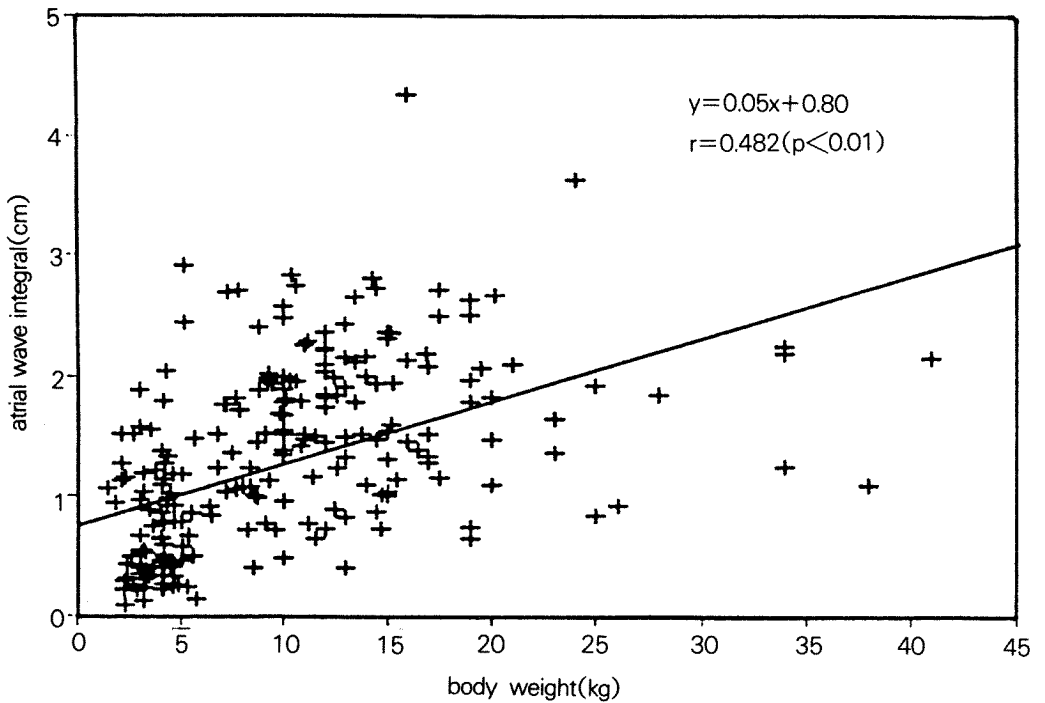


Fig. 11. Relationship between body weight and atrial wave integral.

□ 흥 영 미 사 진 부 도 ⑥ □

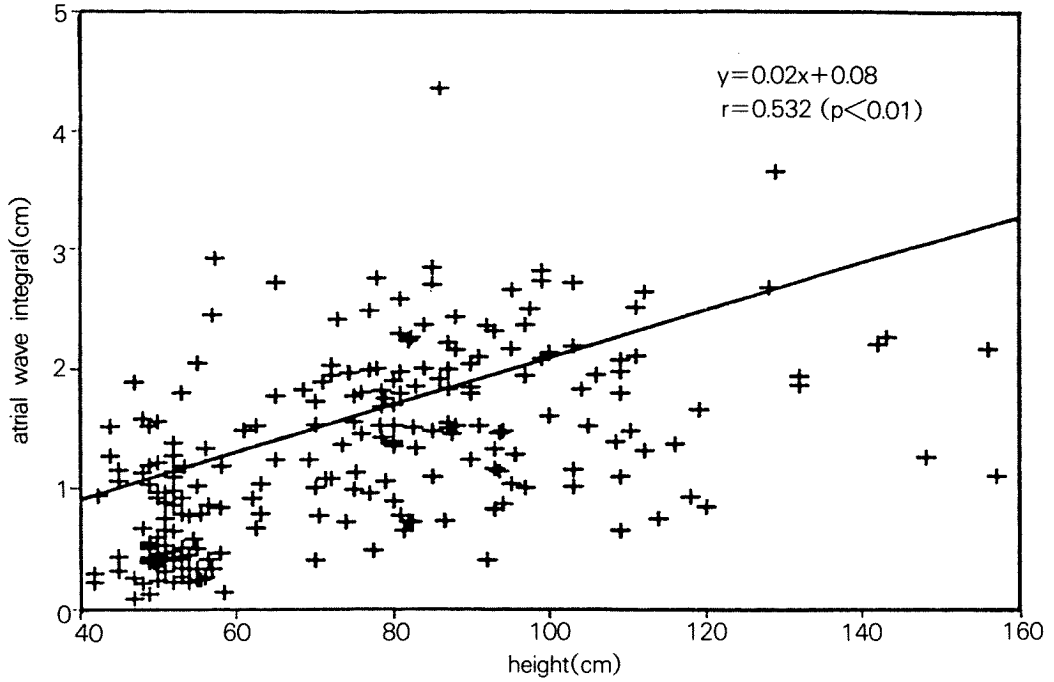


Fig. 12. Relationship between height and atrial wave integral.

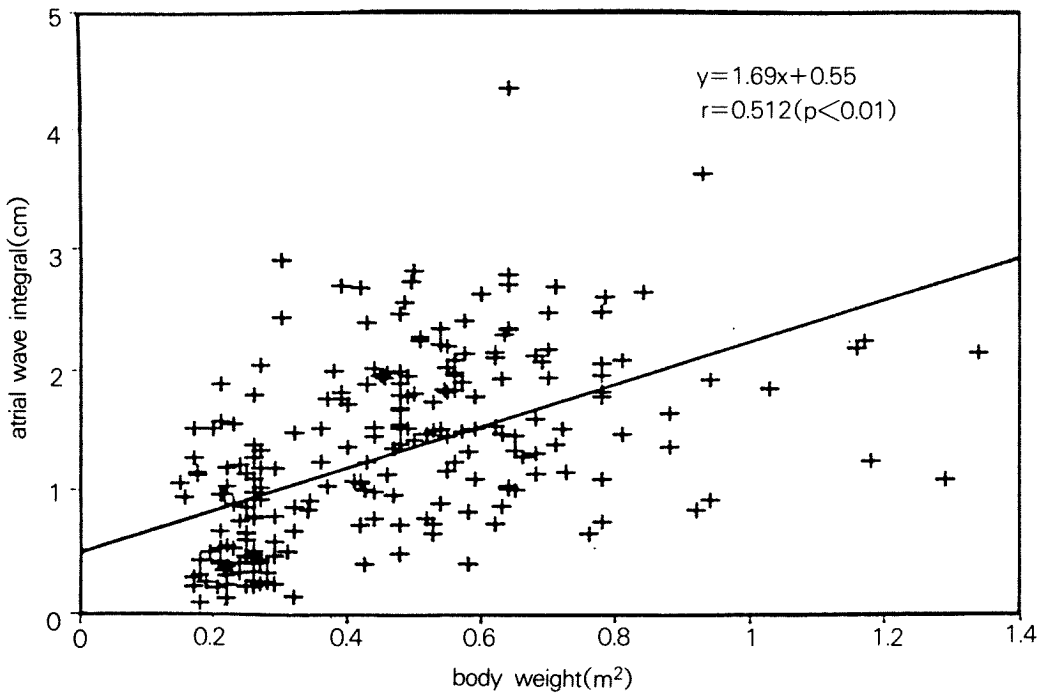


Fig. 13. Relationship between body surface area and atrial wave integral.